

# **ВЛИЯНИЕ ТЕРМОЦИКЛИРОВАНИЯ НА ПРОЦЕССЫ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ В СТАЛИ Р6М5Ф4 В ОБЛАСТИ КРИСТАЛЛИЗАЦИИ**

***Борода Вероника Викторовна***

*Руководитель – доц., к.т.н. Федоркова Наталья Николаевна*

*Соруководитель – н.с. Балакин Александр Анатольевич*

Национальная металлургическая академия Украины, г. Днепропетровск  
veronika-boroda@yandex.ru

Температурно-временные параметры кристаллизации и последующего охлаждения металла из твердо-жидкого состояния являются определяющими при формировании литой структуры, фазового состава и свойств отливок [1]. Это открывает возможности эффективного направленного влияния на процессы кристаллизации и структурообразования с целью получения изделий с заданными наперед свойствами и оптимизированной структурой. Поэтому данная работа, посвященная повышению механических свойств и эксплуатационных характеристик стали Р6М5Ф4 путем термоциклирования при температурах жидко-твердого состояния является актуальной и важной.

В связи с этим целью данной работы было исследование влияния температуры и изотермической выдержки, а также количества циклов нагрев-охлаждение в области кристаллизации с последующей закалкой на параметры структуры стали Р6М5Ф4.

Известно, что в узком температурном интервале охлаждения расплава выше и ниже температуры ликвидус образуются зародыши кристаллизации и выделяются первые кристаллы твердой фазы, которые могут накапливаться без существенного увеличения размеров при определенных температурах изотермической обработки. Поэтому получение опытных образцов осуществляли на экспериментальной установке для ускоренного охлаждения из жидкого и жидко-твердого состояния, конструкция которой состоит из вакуумной печи, закалочной емкости и компьютерного управления для задачи температурно-временных параметров режимов. Установка позволяет методом быстрого охлаждения фиксировать структуру и фазовый состав стали в температурной области кристаллизации и перитектического превращения [2].

Режим получения экспериментальных образцов включал следующие этапы: 10-минутная изотермическая выдержка при температуре 1570 °С, после чего образец охлаждали до 1250 °С и подвергали термоциклированию при температурах 1250...1320 °С с изотермическими выдержками по 5 минут при 1320 °С и по 2 минуты при 1250 °С: I режим – 1 цикл; II режим – 2 цикла и III – 3 цикла с последующей закалкой от 1250 °С. Качественный и количественный металлографические анализы

изготовленных микрошлифов проводили с помощью оптического микроскопа OPTON AXIOMAT (Германия) при увеличениях 50...500 крат (рисунок 1).

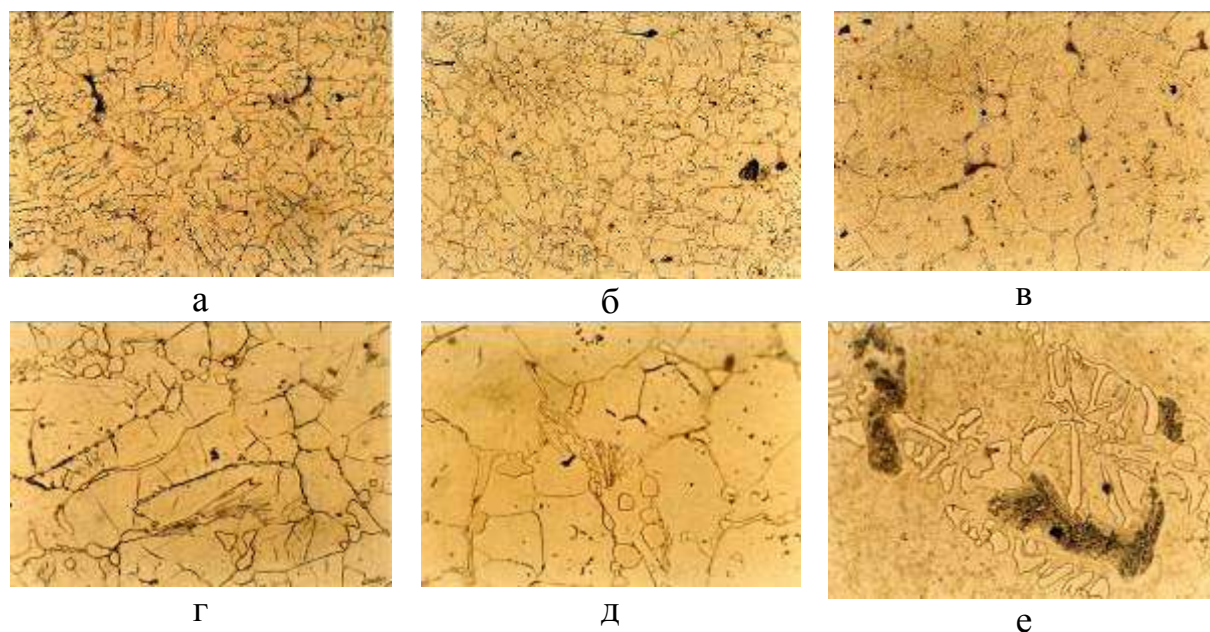


Рисунок 1. Структура стали Р6М5Ф4 после термоциклирования:  
а, г – 1 цикл; б, д – 2 цикла; в, е – 3 цикла, а...в –  $\times 100$ ; г...е –  $\times 500$

Сравнительный анализ параметров структуры стали, показанной на рисунке 1, а...в, показал следующее. Проведение изотермической выдержки при 1570 °С в течение 10 минут способствует выравниванию химического состава стали, что приводит к однородности структуры как по размеру дендритного параметра, так и по степени равномерности распределения всех структурных составляющих. Однако достаточно длительные изотермические выдержки при температурах термоциклирования (5 и 3 минуты) приводят к росту размеров зерен аустенита с каждым последующим увеличением количества циклов термоциклирования.

Наличие в стали Р6М5Ф4 высокого содержания карбидообразующих элементов (W, Mo, Cr и V) приводит к образованию большого количества карбидных фаз на основе перечисленных элементов, которые отличаются морфологией, размерами и распределением в аустенитной матрице. Причем, после 1 цикла термоциклирования в структуре наблюдаем карбиды кубической, скелетной и пруткообразной морфологии (рис. 1, г). С ростом количества циклов меняются как морфология карбидных включений, так и их размеры (рис. 1, д, е) и после 3-х циклов мы видим преимущественно карбиды крупных размеров пруткообразной морфологии.

Методами количественной металлографии были определены размеры дендритного параметра стали и объемное содержание всех структурных составляющих. В результате построены графики зависимости указанных параметров структуры стали от количества циклов термоциклирования (рисунок 2).

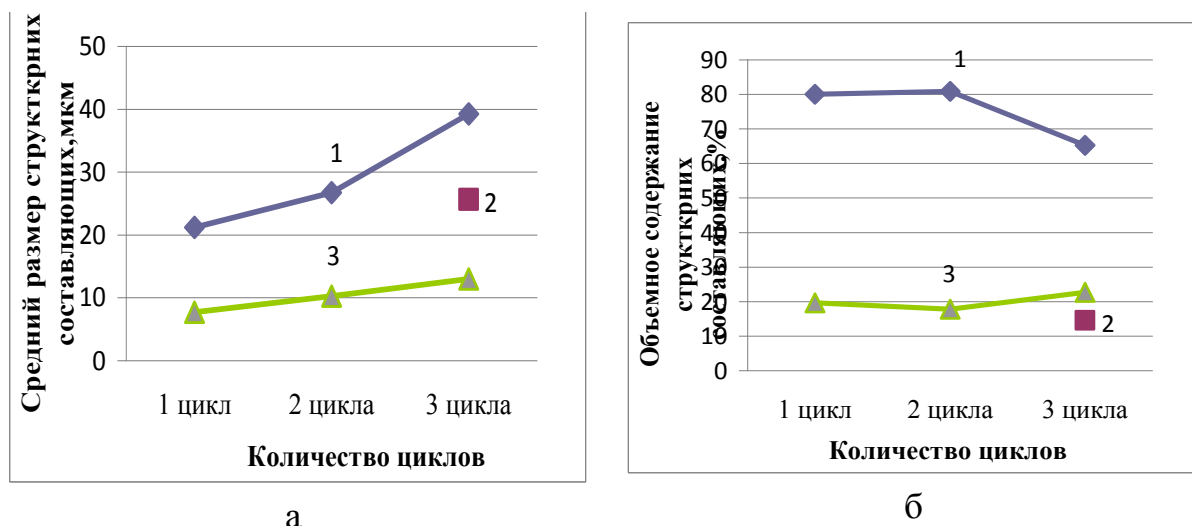


Рисунок 2. Влияние термоциклирования на размеры (а) и объемное содержание (б) структурных составляющих:

1 – аустенит, 2 –  $\delta$ -феррит, 3 – карбидная эвтектика

Из графиков следует, что увеличение числа циклов термоциклирования перед закалкой из твердо-жидкого состояния приводит к росту размеров структурных составляющих стали, а увеличение продолжительности изотермической выдержки, способствует растворению вторичных мелкодисперсных карбидов, расположенных в центре дендритов и росту эвтектических колоний пруткообразной морфологии. Все перечисленное привело к повышению объемного содержания карбидной составляющей в стали, что повысит уровень твердости и износостойкости режущего инструмента.

Используемые литературные источники:

1. Кондратюк С.Є., Тарасенко В.Ю., Стоянова О.М. Структуроутворення за умов ізотермічної обробки в інтервалі температур твердо-рідкого стану. // Плавлення і кристалізація. Металознавство і обробка металів. 2006. - №2. – С. 3-8.
2. Калинушкин Е.П., Василев Э.Я. Применение метода закалки из полужидкого состояния для изучения процесса кристаллизации быстрорежущих сталей // Закономерности формирования структуры сплавов эвтектического типа: Сб. материалов II Всесоюз. Научн.конф. – Днепропетровск: ДМетИ, 1982. – С.193-198.